

DIAGNÓSTICO DAS DETERIORAÇÕES DO BETÃO DO VIADUTO DA VIA RÁPIDA

Andreia Mota Miranda^{*}
andreiamotamiranda@gmail.com

Madalena Teles[†]
mteles@fe.up.pt

Resumo

O objectivo do presente trabalho é o de fazer um estudo petrográfico das deteriorações do betão do viaduto da Via Rápida, localizado no porto de Leixões.

Após a recolha e análise de toda a informação sobre as características dos materiais usados nos diferentes betões e suas composições e propriedades, foram efectuadas várias visitas ao viaduto, para inspecção visual da estrutura, levantamento fotográfico das anomalias encontradas e extracção de amostras representativas quer do betão aparentemente não deteriorado quer do betão visivelmente deteriorado, assim como de manchas, escamas e eflorescências.

Do betão aparentemente não deteriorado realizaram-se ensaios de determinação da resistência à compressão, da porosidade às 48 horas, da profundidade de carbonatação e da penetração de cloretos. No presente trabalho fez-se um estudo petrográfico detalhado do betão e suas deteriorações.

Palavras-chave: Betão, Deteriorações do Betão, Petrografia, Durabilidade.

1 Introdução

O viaduto da Via Rápida, localiza-se a cerca de 1 km de distância do mar e está inserido na Via Rápida que dá acesso, a Sul, à entrada na cidade do Porto e, a Norte, à auto-estrada A28. Esta obra, realizada entre 1 de Dezembro de 1956 e 10 de Janeiro de 1961, foi sujeita, ao longo dos anos, a algumas reparações e alterações: em 1974, foram substituídas as juntas de dilatação, em 1983, realizou-se um reforço das fundações e finalmente, entre 1999 e 2001, procedeu-se a uma reabilitação da obra, com alargamento das faixas de rodagem, substituição de aparelhos de apoio e juntas de dilatação e reparação dos pórti-

^{*} Mestre em Engenharia Civil pela FEUP. Departamento de Subempreitadas, Novopca – Construtores Associados, SA.

[†] Prof.^a Associada da FEUP. Departamento de Engenharia Civil. Secção de Materiais de Construção.

cos de betão. O tratamento dos pórticos em betão armado consistiu na limpeza do betão e armaduras, na pintura das armaduras com tinta epoxy e na reconstrução do betão com uma argamassa de reparação [1].

O viaduto, de comprimento total 405,71 m, é constituído por uma laje de betão armado que apoia em longarinas de betão pré-esforçado simplesmente apoiadas e tornadas solidárias por carlingas. Os tramos intermédios das vigas apoiam-se em pórticos transversais de betão armado e cada um dos tramos extremos apoia-se num destes pórticos e em encontros de betão armado ou de betão armado e betão ciclópico. As fundações são em geral, sobre estacas de betão armado pré-fabricadas encabeçadas em maciços de betão armado. As fundações dos pórticos do tramo sobre o rio Leça são constituídas por três caixões celulares solidarizados por uma viga sapata de betão armado.

Presentemente, durante de inspecções efectuadas à obra, apesar do betão do viaduto apresentar um bom estado de conservação, detectaram-se algumas anomalias. Assim, os pórticos em betão armado exibiam eflorescências esbranquiçadas, amareladas e escuras e colonização biológica. As longarinas e carlingas em betão pré-esforçado apresentavam, apenas pontualmente, manchas acastanhadas e destacamentos de betão. Apareciam também excrementos de pombo em quantidades apreciáveis. A laje do tabuleiro em betão armado mostrava, em geral, eflorescências esbranquiçadas, escuras e algumas manchas acastanhadas e destacamentos de betão. Dos caixões da fundação dos pórticos adjacentes ao rio Leça, em betão simples, apenas um exibia uma fissuração aleatória, com fendas ainda de pequena abertura. Os encontros apresentavam algumas eflorescências brancas, amareladas e escuras. Na Figura 1 apresentam-se fotografias de algumas destas deteriorações.



Eflorescências esbranquiçadas, amareladas e escuras e colonização biológica num pórtico



Destacamentos de betão numa longarina



Excrementos de pombo numa longarina

Figura 1: Algumas das deteriorações encontradas.

Com o objectivo de, por um lado, fazer o diagnóstico das deteriorações observadas e, por outro, avaliar o estado do betão da estrutura, recolheram-se amostras de betão aparentemente não deteriorado e de betão visivelmente deteriorado, assim como de manchas, escamas e eflorescências para ser observadas e analisadas por microscopia electrónica de varrimento (MEV). Nas amostras de betão aparentemente não deteriorado determinaram-se a resistência à com-

pressão, a porosidade às 48 horas, a profundidade de penetração da carbonatação e o teor em cloretos a 5 mm de profundidade.

2 Ensaios realizados

Determinou-se a resistência à compressão média de dois provetes retirados de uma única carote e foi feita a conversão em tensão em cubos de 15 cm de aresta, tendo-se obtido o valor médio de 34,8 MPa [1]. Este valor é muito semelhante ao valor obtido nos ensaios realizados durante a construção da obra.

A porosidade às 48 horas determinada segundo a metodologia proposta pelo Laboratoire de Péetrophysique do Centre de Géochimie de la Surface de Strasbourg [1] foi de 6,06%, valor compatível com um betão de boa qualidade.

A determinação da profundidade de carbonatação foi realizada recorrendo ao uso de uma solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, tendo-se obtido valores diferentes consoante a localização de cada tarolo. O mesmo aconteceu com a determinação do teor em cloretos a 5 mm de profundidade [1]. Os resultados destes ensaios apresentam-se no Quadro 1.

Quadro 1: Resultados da determinação da profundidade de carbonatação e do teor em cloretos.

Localização	Profundidade de carbonatação (mm)	Teor de cloretos na massa de cimento (%)
Pilar	0	0,08
Carlinga orientada a Norte	5	0,07
Carlinga orientada a Sul	5	0,07
Lintel	2	0,16

A amostra do pilar revestida com uma argamassa de reparação não se apresentou carbonatada, revelando que o tratamento foi eficaz. As amostras, sem tratamento, das carlingas e do lintel apresentavam-se pouco carbonatadas. A profundidade de carbonatação atingida nos betões é muito pequena, muito inferior à espessura de recobrimento, que no pior dos casos é de 20 mm [1].

Os resultados da determinação do teor de cloretos em amostras retiradas das carotes, a cerca de 5 mm de profundidade, revelaram não ser necessário efectuar medidas a profundidades superiores, uma vez que, para os valores obtidos, o risco de corrosão é desprezável ou baixo [1]. Não é possível fazer a análise comparativa entre os valores obtidos, dado que se desconhece o valor total de cloretos no betão, na altura da execução da obra.

Estes resultados mostram um betão com uma composição muito boa, uma vez que para resistências da ordem dos 30 MPa, apresenta baixas porosidades e pequenas profundidades de penetração quer da carbonatação quer dos cloretos.

3 Análise petrográfica do betão

Nas observações por MEV, realizadas no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP), recorreu-se a um microscópio, modelo Jeol JSM-6301F, equipado com microanálise por raios-X (Oxford Inca Energy 350). As amostras foram revestidas a ouro e observadas e analisadas por electrões secundários a 10 e 15 keV e por períodos de tempo útil de 60 segundos.

Para facilitar a análise global das amostras estudadas por MEV apresentaram-se no Quadro 2 os principais compostos identificados em todas as amostras, excluindo os agregados, e na Figura 2 algumas imagens e espectros.

A análise global dos betões, aparentemente, sem deteriorações revelou serem betões de boa qualidade e compactos. As observações de carbonato de cálcio estão, em todos os betões, coerentes com os resultados do ensaio da profundidade de carbonatação.

Os tarolos das duas carlingas apresentavam um revestimento superficial muito aderente, com cerca de 0,5 mm de espessura. As observações e análises das amostras VR5 e VR6 revelaram que este revestimento era constituído essencialmente por gesso, exibindo raramente cinzas volantes porosas, ricas em carbono e enxofre, permitindo classificá-lo como crosta negra, deterioração de materiais característica das zonas urbanas e/ou industriais.

Além dos betões sem deteriorações visíveis, analisaram-se ainda betões aparentemente degradados, manchas, escamas e eflorescências.

Os betões extraídos de destacamentos exibiam muito carbonato de cálcio, e as manchas encontradas, junto destes betões, eram todas de óxidos de ferro, revelando que os destacamentos e fissuras têm origem na formação de produtos expansivos resultantes da corrosão das armaduras.

A amostra extraída sobre a fissuração aleatória, encontrada no caixão do viaduto da Via Rápida, revelou a presença de uma reacção sulfática por contaminação das águas do rio Leça [1].

O betão sob dejectos de pombos não mostrou qualquer reacção química, o que não permite generalizar que os dejectos de pombos não afectam o betão, dado que, nestas obras os excrementos só foram encontrados em zonas secas e protegidas.

As manchas e escamas acastanhadas são de óxidos de ferro, resultantes da corrosão do aço, enquanto que as manchas escuras de cor negra ou esverdeada, com muita matéria orgânica, resultam da humidade. As manchas brancas e amareladas, essencialmente constituídas por carbonato de cálcio, têm origem na lixiviação dos hidróxidos do betão, com carbonatação à superfície.

Quadro 2: Compostos identificados no estudo petrográfico.

Designação da amostra		Tipo de amostra e sua localização		Principais compostos identificados
VR1 e VR3		Betão de pilar com revestimento	Betão	Silicatos e aluminatos de cálcio VR1 – Carbonato de cálcio (cristais em muito pequenas quantidades) VR3 – Carbonato de cálcio (muito pequenas quantidades não se tendo individualizado cristais)
VR5	VR 5.1	Betão de carlinga, orientado a norte, com revestimento aparente	Betão superficial	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muitos cristais)
	VR 5.2		Betão a 5mm	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (individualizaram-se cristais, mas com quantidade de C inferior a VR5.1)
VR6	VR 6.1	Betão de carlinga, orientado a sul, com revestimento aparente	Revestimento	Gesso
			Betão superficial	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (não se individualizaram cristais)
	VR 6.2		Betão a 5mm	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (não se individualizaram cristais e a quantidade de C é inferior a VR6.1)
	VR 6.3		Betão a mais de 5mm	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (não se individualizaram cristais e a quantidade de C é inferior a VR6.2)
VR10		Betão extraído do caixão central do pórtico adjacente ao Rio Leça		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muito) Etringite
VR11		Eflorescência escura do encontro norte		Matéria orgânica Diatomácias
VR12		Mancha escura do encontro norte		Matéria orgânica Diatomácias
VR15	Betão de um destacamento de longarina com mancha escura	Mancha acastanhada	Óxido de ferro	
		Betão	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muito) Gesso	
VR16	Eflorescência esbranquiçada de laje	Mancha acastanhada	Óxido de ferro Gesso	
		Betão	Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muito) Gesso	
VR17		Betão de um destacamento da laje		Silicatos e aluminatos de cálcio Muito carbonato de cálcio. Gesso.
VR18		Escamas acastanhadas de longarina		Silicatos e aluminatos de cálcio Óxido de ferro Gesso
VR19		Eflorescência amarelada de viga de um pórtico		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muito)
VR20		Eflorescência escura de viga de um pórtico		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio Matéria orgânica
VR21		Eflorescência esverdeada de viga de um pórtico		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio Matéria orgânica Diatomácias
VR22		Eflorescência branca de viga de um pórtico		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio (muito)
VR23		Betão sob dejectos de pombo numa carlinga		Silicatos e aluminatos de cálcio Carbonato de cálcio
VR24		Dejectos de pombo de carlinga		Fosfato de magnésio N, C, O, K, Na

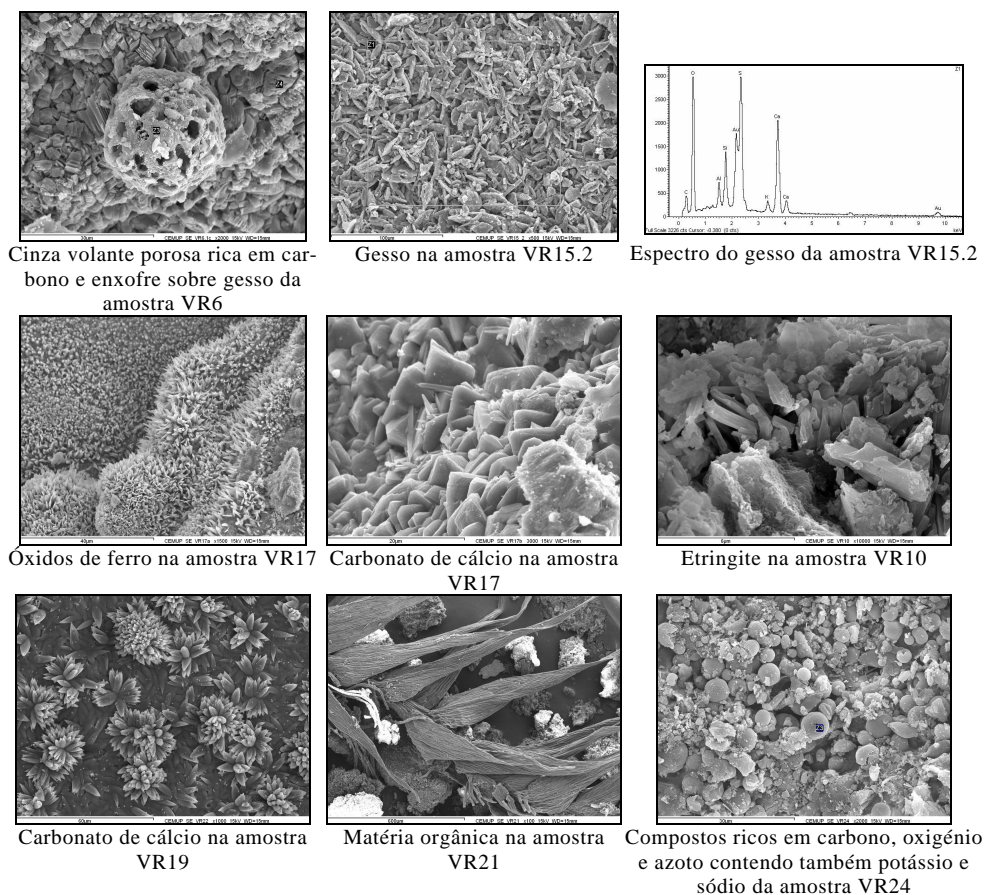


Figura 2: Algumas imagens e espectros do betão aparente são e das deteriorações.

4 Conclusões

O estudo petrográfico do betão em conjugação com os ensaios físicos e mecânicos mostra-se um instrumento de inegável interesse na análise das deteriorações do betão.

Este estudo permite concluir que o betão é de boa qualidade, com pequenas profundidades de carbonatação e de penetração de cloretos, desconhecendo-se se as crostas negras protegem o betão da acção do dióxido de carbono.

Além da corrosão das armaduras, ainda com pouco significado, verificou-se uma reacção sulfática muito incipiente no caixão da fundação.

5 Bibliografia

- [1] Mota-Miranda, A. *Influência da proximidade do mar em estruturas de betão*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.